Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 5, Dec- Jan 2020, p. 635-647

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 5، آذر - دی 1398، ص. 647-635

بهینه‌یابی فرمول و فرآیند دونات غنی‌شده با باگاس نیشکر و پلی‌ساکارید محلول سویا

محبوبه داراپور[1]- بهزاد ناصحی[*2 و 3]- حسن برزگر[3]- حسین جوینده[3]

تاریخ دریافت: 1397/04/21
تاریخ پذیرش: 1398/01/17

چکیده

سالانه مقادیر زیادی از پسماند کارخانه‌های فرآوری محصولات کشاورزی وارد چرخه ضایعات می‌شوند. این در حالی است که برخی از آنها سرشار از فیبر و ترکیبات فعال‌زیستی هستند، بنابر این پژوهش برای به‌کارگیری آنها به‌عنوان ترکیبات عملگرا در غنی‌سازی محصولات غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این راستا در این پژوهش اثر فیبر باگاس نیشکر (25- صفر درصد)، پلی‌ساکارید محلول سویا (2- صفر درصد) و زمان سرخ کردن (5-2 دقیقه) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی دونات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که افزایش فیبر باگاس نیشکر سبب افزایش مقدار رطوبت، چربی، سفتی، چسبندگی و صمغی‌بودن و کاهش حجم مخصوص، تخلخل و شاخص روشنایی پوسته و مغز تیمارها می‌شود. هم‌چنین افزایش زمان سرخ‌کردن نیز سبب افزایش سفتی، چسبندگی، صمغی‌بودن و کاهش محتوی رطوبت، تخلخل و شاخص روشنایی پوسته شد. علاوه بر این با افزایش درصد این منبع فیبری، پذیرش کلی فرآورده کاهش یافت. با این حال پلی‌ساکارید محلول سویا اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دونات نداشت. تحلیل آماری و بهینه‌یابی با طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر حاکی از آن است که اگر تیمار حاوی 9/09 درصد فیبر باگاس نیشکر و 0/78 درصد پلی‌ساکارید محلول سویا طی 2/60 دقیقه سرخ شود، نمونه‌ای به‌دست می‌آید که دارای مطلوب‌ترین کیفیت است. بررسی ویژگی‌های نمونه بهینه نشان داد که مقدار رطوبت، فیبر، عناصر آهن و روی، پذیرش کلی و نرمی بافت بیشتر نسبت به نمونه کنترل داشت.

واژه‌های کلیدی: فیبر باگاس نیشکر، پلی‌ساکارید محلول سویا، غنی‌سازی، دونات

مقدمه

سالانه مقادیر زیادی از پسماند کارخانه‌های فرآوری محصولات کشاورزی وارد چرخه ضایعات می‌شوند. این در حالی است که برخی از آنها سرشار از فیبر و ترکیبات فعال‌زیستی هستند؛ بنابراین پژوهش برای به‌کارگیری آنها به‌عنوان ترکیبات عملگرا در غنی‌سازی محصولات غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است (Ktenioudaki *et al*., 2012). از سوی دیگر مصرف مقدارکافی فیبر رژیمی سبب تنظیم عبور و مرور روده‌ای، پیشگیری و درمان دیابت، بیماری‌های قلبی و عروقی و سرطان روده‌ی بزرگ می‌باشد (Macagnan *et al*., 2015). در این راستا در دهه‌های گذشته، گرایش به جستجوی منابع جدید فیبر رژیمی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند محصولات جانبی کشاورزی که کم ارزش تلقی می‌شدند وجود داشته است. باگاس نیشکر باقی‌مانده حاصل از خرد کردن نیشکر برای استخراج فاز مایع است (Rodriguez *et al*, 2016). میزان ترکیبات شیمیایی در باگاس متغیر است، به طوری که میزان سلولز 45-39 %، همی‌سلولز (زایلوز، آرابینوز، گالاکتوز، گلوکوز، مانوز) 27-23%، لیگنین 23-19%، عصاره 7-5% (de Carvalho *et al*., 2015) است. هم‌چنین این ماده دارای ترکیبات فنولیک، موم و مواد معدنی می‌باشد (Sun *et al*., 2004). در حال حاضر باگاس در تولید سیمان (Sales *et al*, 2010) شن و ماسه (Tian *et* al, 2016)، نئوپان (Garzon-Barrero *et al*., 2016)، آنزیم‌ها (Bocchini *et al*., 2005)، پروتئین‌های تک‌یاخته (Rodriguez *et al*., 1992)، وانیلین (Mathew & Abraham, 2005)، اسیدهای سوکسینیک (Chen *et al*, 2016)، سیتریک (ذوقی و همکاران، 1392)، لاکتیک (Laopaiboon *et al*, 2010) کاربرد دارد. از آنجایی که مواد لیگنوسلولزی به‌خوبی آب جذب نمی‌کنند، به‌خوبی با خمیر ترکیب نمی‌شوند، بنابراین اعمال یک پیش تیمار سبب کاهش سختی آن می‌شود (de Carvalho *et al*., 2015). در حال حاضر تعدادی از این روش‌ها شامل اسید رقیق، هیدروترمال، قلیایی، حلال‌های آلی و انبساط فیبر آمونیاک گسترش پیدا کرده‌اند تا سبب افزایش قابلیت دسترسی سلولز شوند (Meng *et al*., 2014). پلی‌ساکاریدهای محلول سویا بیوپلیمرهای اسیدی محتوی 18 درصد گالاکتورونیک اسید بوده که ساختاری شبیه به پکتین دارند و طی فرآیند تولید ایزوله پروتئین سویا

1 و 3- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
2- دانشیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v15i2.74091

یا توفو به‌دست می‌آیند. این پلی‌ساکارید نه‌تنها به‌عنوان منبع فیبر رژیمی بلکه به‌عنوان یک ترکیب عملگرا در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (Nakamura *et al.*, 2004).

دونات، تنها فرآورده صنعتی گندم است که علی‌رغم داشتن چربی زیاد به دلیل سرخ شدن در روغن، ویژگی‌های حسی جذابی دارد. لذا یکی از اهداف پژوهشگران در سال‌های اخیر یافتن راهکارهایی برای بهبود کیفیت آن با کاهش جذب روغن مانند استفاده از پودر تفاله هویج (نوری و همکاران، 1394) یا پودر پالپ پرتقال (یوسفی و همکاران، 1397) یا افزایش ترکیبات سلامتی بخش مانند فیبر بوده است. لذا این پژوهش با هدف جلوگیری از بروز مشکلات زیست‌محیطی که در اثر رها کردن آن در طبیعت (سبب انتشار آفات و بیماری‌ها، ایجاد رقابت بین گیاه و میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده این مواد و بروز مشکلاتی در آبیاری) یا امحاء باگاس از طریق سوزاندن ایجاد می‌شود از یکسو و بررسی امکان تولید دونات تخمیری فراسودمند از سوی دیگر انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های دونات بر اساس فرمولاسیون و دستور پخت نوری و همکاران (1394) با اندکی تغییرات تهیه شدند. پلی‌ساکارید محلول سویا از شرکت فوجی اویل ژاپن خریداری شد. مواد شیمیایی مورد نیاز نیز از شرکت سامچون کره خریداری گردید.

جدول 1- فرمولاسیون دونات

اجزاء سازنده	وزن (%) (براساس وزن آرد)	مشخصات
آرد گندم	100	شرکت آرد جنوب، اهواز
آب	10/7	-
شورتنینگ	18/7	شرکت فرآورده‌های غذایی و پروتئینی بهینه وزین، البرز
تخم‌مرغ	12/4	شرکت تلاونگ تهران
آب مخمر	26/7	-
شکر	6/2	شرکت کوشا تغذیه ماندگار، تهران
پودر شیرخشک بدون چربی	6/2	شرکت پارسیان صنعت شایان، نظرآباد
مخمر خشک فعال	2/9	شرکت خیرمایه رضوی، مشهد
نمک	1	شرکت اسپیدان، فارس
وانیل (کریستاله)	0/15	خرس قطبی، چین
بکینگ‌پودر	1/5	کارخانه هرمین، شهریار

فرآوری باگاس نیشکر

باگاس نیشکر از کارخانه کشت و صنعت دعبل خزائی واقع در جاده قدیم اهواز- آبادان تهیه و پس از حذف ناخالصی‌ها بوسیله آب شست‌وشو و در آفتاب خشک شد. سپس باگاس توسط سدیم هیدروکسید 0/25 مولار به نسبت 1گرم با 20 میلی‌لیتر محلول در ارلن مخلوط و به مدت 3 ساعت در دمای 80 درجه سانتی‌گراد در بن ماری (WNE 7-45، آلمان) قرار گرفت. بعد از آن توسط آب برای حذف سدیم هیدروکسید باقی‌مانده شسته شد، سپس به مدت حدود 4 ساعت به آون 60 درجه سانتی‌گراد منتقل شد تا خشک شود. در پایان با آسیاب آزمایشگاهی (Sweden ،Perten) آسیاب شد تا اندازهٔ آن تا کمتراز 0/475 میلی‌متر کاهش یافت. با این فرآوری حدود 84 درصد لیگنین از باگاس حذف شد (Gao *et al.*, 2013).

تهیه دونات

بدین منظور ابتدا برای فعال‌سازی مخمر، آب مخصوص آن در دمای 35 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 دقیقه در یک لیوان شیشه‌ای نگه‌داشته شد. آرد گندم و منابع فیبری شامل باگاس و پلی‌ساکارید محلول سویا و بکینگ‌پودر در یک ظرف جداگانه به‌صورت دستی مخلوط شدند. سپس شکر، پودر شیر خشک بدون چربی، نمک و وانیل و شورتنینگ در ظرف دیگری به مدت 1دقیقه با دور تند مخلوط و سپس تخم‌مرغ اضافه گردید و به مدت 1 دقیقه با دور تند هم‌زده شدند. سپس آب به مواد فوق اضافه گردید و با دور کند به مدت 30 ثانیه مخلوط شدند. مخلوط آرد به تدریج اضافه شد و مقداری از آن نگه داشته شد. سپس سوسپانسیون مخمر افزوده شد و در انتها مخلوط آرد باقی‌مانده را افزوده و تا تشکیل یک خمیر مناسب ورز داده شد. سپس خمیر تحت فرآیند تخمیر اولیه (به مدت 30 دقیقه، در دمای اتاق) قرار گرفت. آنگاه خمیر را به ضخامت 1 سانتی‌متر پهن کرده و با قالب مربعی به ابعاد 5×5 سانتی‌متر قالب زده شد و دوباره به مدت 15 دقیقه تحت فرآیند تخمیر ثانویه قرار گرفت. خمیر قالب‌گیری شده در یک سرخ‌کن حاوی روغن مخصوص سرخ‌کردنی (آفتاب، مارگارین سهامی عام، تهران، ایران)، در دمای 2± 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 216 ثانیه سرخ شد. دونات‌ها پس از خروج از سرخ‌کن بر روی دستمال

کاغذی قرار گرفته و پس از گذشت 30 دقیقه آزمون‌های لازم بر روی آنها انجام گرفت (Nouri *et al*., 2017).

ارزیابی ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی تیمارها شامل پروتئین نمونه‌های دونات به روش کجلدال AACC 46-12، رطوبت دونات طبق روش AACC 44-16 و میزان چربی نمونه‌های دونات طبق روش استاندارد AACC 30-25 ارزیابی شد. میزان فیبر خام نمونه‌های دونات طبق روش استاندارد AOAC 991/43 محاسبه شد. اندازه‌گیری املاح معدنی نمونه‌های دونات شامل روی و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Analytic jena، ContrAA300، آلمان) براساس استاندارد ملی ایران شماره 9266 انجام شد. برای ارزیابی پروکسید دونات، 0/1 تا 0/2 گرم نمونه روغن (بسته به میزان پراکسایش) در لوله‌های آزمایش 15 میلی‌لیتری وزن شد و با 9/8 میلی‌لیتر حلال کلروفرم- متانول (نسبت 7 به 3 حجمی/ حجمی) مخلوط و به مدت 2-4 ثانیه هم‌زده شد. سپس به‌ترتیب 50 میکرولیتر محلول تیوسیونات آمونیوم و محلول آهن (II) اضافه و بعد از اضافه کردن هرکدام به مدت 2-4 ثانیه هم‌زده شد. پس از گذشت 5 دقیقه در دمای اتاق جذب نمونه‌ها در طول موج 500 نانومتر در برابر شاهد تعیین شد. تمامی مراحل زیر نور ملایم و به مدت 10 دقیقه صورت گرفت (Shantha *et al*., 1994).

ارزیابی بافت

پارامترهای بافت شامل سفتی، پیوستگی و صمغیت بافت نمونه‌های دونات طی نگهداری در فواصل زمانی 1، 3و 5 روز بعد از سرخ شدن توسط دستگاه بافت‌سنج TA-XT- PLUS (Micro stable system، انگلستان) با استفاده از آزمون TPA بررسی شد. در این آزمایش ابتدا تیمارهای مختلف دونات به قطعاتی با ابعاد 2 ×2 ×2/5 سانتی‌متری برش داده شده و بر روی صفحه نگهدارنده قرار داده شد. سپس پروب دستگاه با قطر 36 میلی‌متری و با سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه شروع به حرکت کرد و پس از تماس با سطح نمونه به میزان 35 درصد در نمونه فرو رفت و سپس با سرعت 5 میلی‌متر بر ثانیه از نمونه جدا شد و دوباره با سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه در نمونه فرو رفت. پس از بازگشت این مسیر، از روی صفحه نمایش دستگاه، عبارت‌ها و اعداد مربوط به هر پارامتر مورد نظر ثبت گردید. سفتی از نیروی بالاترین پیک در مدت اولین فشرده‌سازی به‌دست آمد. سفتی به‌عنوان نیروی لازم برای رسیدن به یک تغییر شکل تعریف می‌شود. پیوستگی از نسبت سطح نیروی مثبت در طی دومین دوره فشرده‌سازی در هنگام اولین فشرده‌سازی محاسبه می‌شود. صمغیت از حاصل‌ضرب سفتی در پیوستگی به‌دست آمد (Kim *et al*., 2015).

ارزیابی روشنایی رنگ

این پارامتر با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (کونیکا مینولتا، CR-400، ژاپن) اندازه‌گیری شد. بعد از روشن نمودن دستگاه، چشمی آن را نزدیک به صفحه استاندارد سفید (صفحه کالیبراسیون) قرار داده و پس از فشردن ماشه، دستگاه، اعداد مربوط به کالیبراسیون (L*=94/43، a*=-0/25،b*=2/04) را نشان داد. بعد از کالیبره نمودن، چشمی دستگاه را نزدیک به سطح هر تیمار قرار داده و از 3 نقطه آن عکس برداری انجام شد. از هر تیمار، 3 نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت عدد مربوط به شاخص روشنایی از میانگین 9 عدد حاصل شد. در این آزمون برای هر تیمار، رنگ مربوط به پوسته و مغز اندازه‌گیری شد (نوری و همکاران، 1394).

ارزیابی حجم مخصوص

حجم نمونه‌های دونات با استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا، با استناد به روش شماره AACC 10-05 محاسبه شد. سپس حجم مخصوص نمونه‌های دونات با تقسیم حجم بر وزن آن‌ها تعیین شد.

ارزیابی حسی

آزمون حسی با روش پیشنهادی رجب‌زاده (1371) انجام شد. 10داور (6 خانم و 4 آقا) آموزش‌دیده انتخاب شدند، سپس خصوصیات حسی دونات از نظر نرمی بافت، قابلیت ارتجاعیت، قابلیت جویدن، رنگ، پوکی و تخلخل، طعم، عطر و بوی تندشدگی چربی که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه 2، 3، 3، 2، 3، 4 و 3 بودند، بر مبنای صفر تا پنج امتیاز مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس عدد کیفی یا پذیرش کلی بر اساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$Q = \frac{\sum(P\times G)}{\sum P} \qquad (1)$$

Q= پذیرش کلی؛ P= ضریب رتبه صفات؛ G= ضریب ارزیابی صفات

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش، به‌منظور تولید دونات‌هایی با محتوی فیبر بالا و مورد پذیرش مصرف‌کننده از شیوه سطح پاسخ با یک طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر استفاده شد. متغیرهای مستقل (فاکتورها) شامل فیبر باگاس نیشکر (در دامنه 25- صفر درصد) و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا (2- صفر درصد) و زمان سرخ کردن (5-2 دقیقه) بود. طبق آزمایشات مقدماتی دامنه هر یک از متغیرهای مستقل تعیین و پس از آن، 5 سطح از هریک از متغیرهای مستقل و20 تیمار توسط نرم‌افزار مینی‌تب ارائه شد. متغیرهای وابسته که بهترین توصیف را از ویژگی‌های کیفی دونات داشتند شامل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بینایی و حسی بود. سپس بهینه‌سازی عددی با استفاده از ابزار بهینه‌سازی نرم‌افزار فوق

به‌منظور دست‌یابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل و با در نظر گرفتن حداکثر سطح رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، شاخص L پوسته، شاخص L مغز و پذیرش کلی و حداقل محتوی چربی، سفتی و چسبندگی و صمغی بودن (متغیرهای وابسته) انجام شد. پس از اجرای آزمون‌های آزمایشی، آنالیز رگرسیون بر اساس داده‌های آزمایشی انجام و با استفاده از رابطه زیر برای هریک از پاسخ‌ها یک مدل چندجمله‌ای درجه دوم برازیده شد.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_{ii}^2 + \sum_{1 \le i < j}^{k} \beta_{ij} X_i X_j \qquad (2)$$

در این رابطه Y پاسخ برآورد شده وعبارات β_0، β_i ، β_{ii} ، β_{ij} به‌ترتیب ثابت معادله (عرض از مبدأ)، ضریب اثرات خطی، ضریب اثرات درجه دوم و ضریب اثرات متقابل و همچنین، xi و xj سطوح متغیرهای مستقل می‌باشند. با استفاده از آنالیز واریانس برای هر پاسخ، عبارات معنی‌دار (p<0/001، p<0/01 و p< 0/05) مشخص گردید (Nouri *et al.*, 2017).

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

بررسی نتایج ارزیابی واریانس در جدول 2، نشان می‌دهد که متغیرهای فیبر باگاس و زمان سرخ کردن تأثیر خطی معنی‌داری به‌ترتیب در سطوح (p<0/001) و (p<0/05) بر محتوی رطوبت داشته‌اند.

جدول 2- آنالیز واریانس مربوط به ویژگی‌های دونات غنی شده

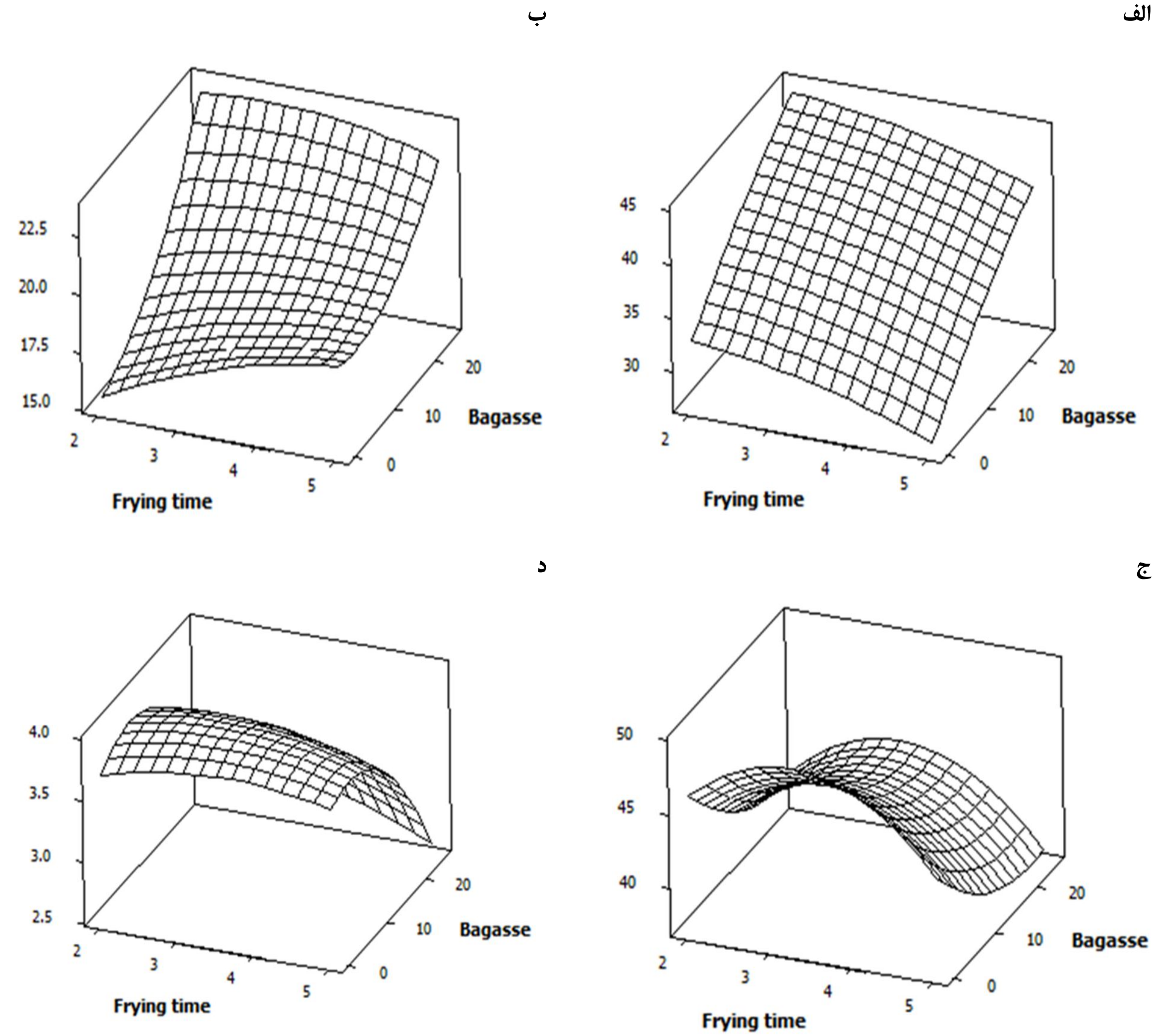
منبع	رطوبت	چربی	حجم مخصوص	سفتی	چسبندگی	صمغیت	رنگ	پذیرش کلی
β_0	27/64	12/112	0/538	0/303	0/043	-0/068	49/0141	3/609
β_1	0/39***	0/094**	-0/046***	0/029*	0/008*	0/022**	-1/037***	0/052**
β_2	-3/03*	2/739^{ns}	0/135^{ns}	0/087***	0/293*	0/067***	-8/242**	0/221^{ns}
β_3	3/17^{ns}	-0/670^{ns}	-0/217^{ns}	0/003^{ns}	0/068^{ns}	0/040^{ns}	-11/569^{ns}	0/063^{ns}
$\beta_1\beta_1$	-0/005^{ns}	0/009^{ns}	0/000^{ns}	0/0002^{ns}	-3/678^{ns}	-1/714^{ns}	0/012^{ns}	-0/002*
$\beta_2\beta_2$	-0/35^{ns}	-0/241^{ns}	-0/024^{ns}	0/032^{ns}	-0/032*	-0/008^{ns}	-1/872*	-0/055^{ns}
$\beta_3\beta_3$	-0/12^{ns}	-0/930^{ns}	-0/057^{ns}	0/031^{ns}	0/015^{ns}	0/029^{ns}	-0/600^{ns}	-0/245^{ns}
$\beta_1\beta_2$	0/0077^{ns}	-0/056^{ns}	-0/003^{ns}	-0/005^{ns}	0/000^{ns}	-0/002^{ns}	0/000^{ns}	-0/006^{ns}
$\beta_1\beta_3$	0/13^{ns}	-0/067^{ns}	0/006^{ns}	-0/011*	0/002^{ns}	-0/006^{ns}	0/307^{ns}	0/002^{ns}
$\beta_2\beta_3$	-1/45^{ns}	0/024^{ns}	0/052^{ns}	0/019^{ns}	-0/037^{ns}	-0/990^{ns}	2/501^{ns}	0/116^{ns}
Model (P-value)	0/000***	0/036*	0/000***	0/009**	0/031*	0/004**	0/004**	0/047*
Lack of fit (P-value)	0/495^{ns}	0/050^{ns}	0/106^{ns}	0/939^{ns}	0/254^{ns}	0/756^{ns}	0/062^{ns}	0/842^{ns}
R^2	93/46	75/15	92/23	0/8221	76/17	85/03	85/06	73/50
Adj-R^2	87/57	52/79	23/85	0/6619	54/72	71/55	71/61	49/65

β_0: مقدار ثابت؛ β_1: پودر باگاس؛ β_2: زمان سرخ کردن؛ β_3: هیدروکلوئید سویا

ns، *، **، ***، ****، به‌ترتیب نشانه عدم معنی‌داری، معنی‌داری در 0/05> P، در 0/01> P، در 0/001 >P و در **P<0/0001.**

درحالی که اثر خطی پلی‌ساکارید محلول سویا و اثر درجه دوم و اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد. بر اساس نتایج افزایش فیبر باگاس نیشکر سبب افزایش محتوی رطوبت در فرآورده می‌شود، علت این امر را می‌توان به وجود تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار فیبر رژیمی و ایجاد پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب دانست که با نتایج Rosell و همکاران (2001) هم‌خوانی داشت. هم‌چنین با افزایش زمان سرخ‌کردن، محتوای رطوبتی فرآورده دونات کاهش یافت. در محصولات سرخ‌شده با تبخیر رطوبت داخلی یک گرادیان فشار ایجاد می‌شود و سطح بیرونی محصول خشک شده و روغن به سطح می‌چسبد و از مناطقی که آسیب دیده‌اند وارد محصول می‌شود. پس با افزایش زمان سرخ‌کردن، رطوبت محصول کاهش یافته و روغن بیشتری جذب محصول می‌شود که با نتایج علی‌پور و همکاران (1388) مطابقت

داشت. شکل 1 (الف)، تأثیر متغیرهای فیبر باگاس نیشکر و زمان سرخ‌کردن را بر محتوی رطوبت نشان می‌دهد.



شکل 1- نمودار سطح و پاسخ اثر متغیر فیبر باگاس و زمان سرخ‌کردن بر الف: رطوبت؛ ب: چربی؛ ج: رنگ؛ د: پذیرش کلی دونات

نتایج جدول 2، نشان می‌دهد که افزودن باگاس نیشکر تأثیر خطی مثبت معنی‌دار ($p<0/01$) بر محتوی چربی داشته در صورتیکه زمان سرخ‌کردن و پلی‌ساکارید سویا اثر خطی معنی‌داری بر این پاسخ نداشتند. طبق شکل 1 (ب) با افزایش فیبر باگاس نیشکر، محتوی چربی دونات‌ها افزایش می‌یابد. یافته‌های Caprez و همکاران (1986) نشان داد که فرآوری منابع فیبری سبب تغییر ویژگی‌های سطحی آن می‌شود که به دنبال آن جذب روغن افزایش می‌یابد، بنابر این با توجه به اینکه در این پژوهش باگاس مورد فرآوری قلیایی قرار گرفته است افزودن آن زمینه جذب روغن را فراهم کرده است.

روشنایی رنگ

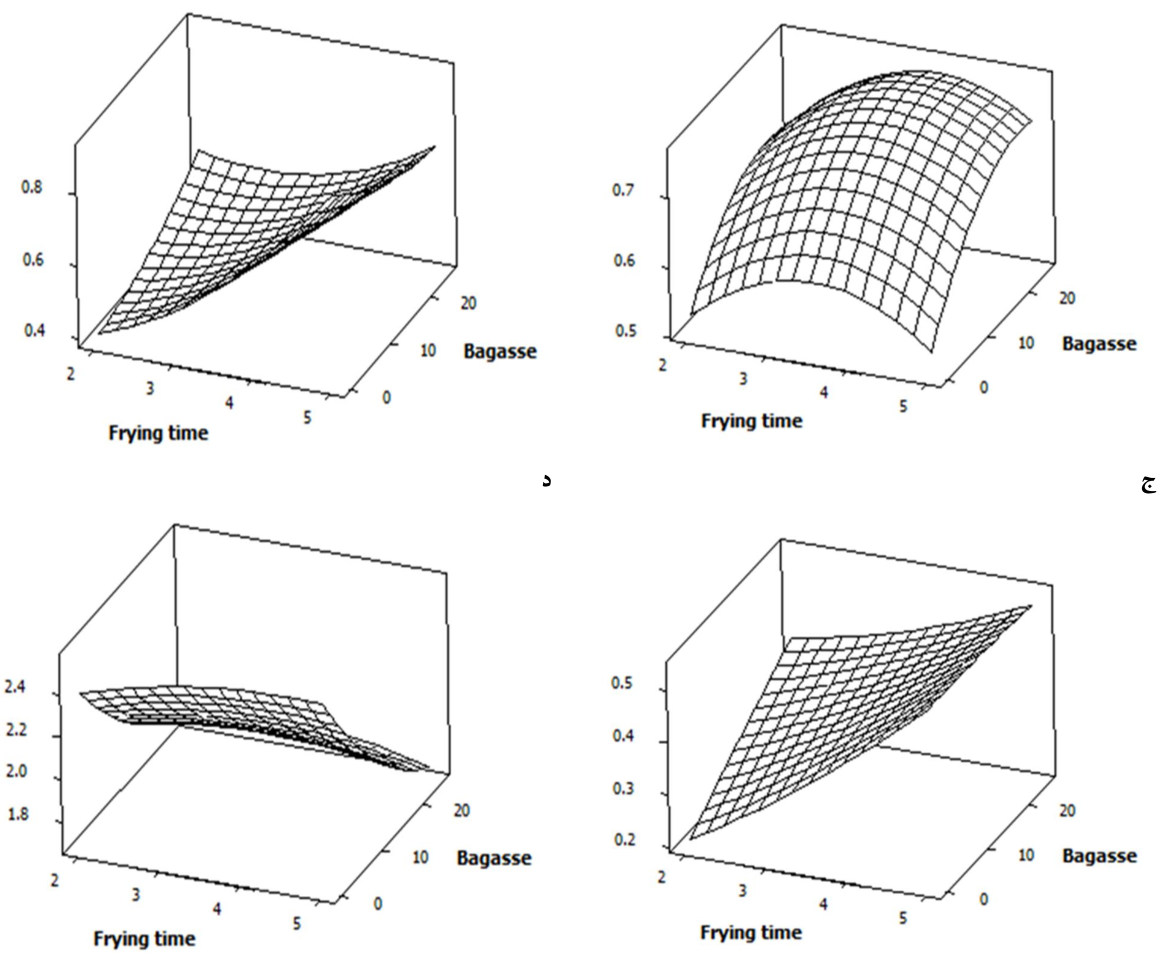
ارزیابی جدول 2، حاکی از آن است که فیبر باگاس نیشکر تأثیر خطی منفی معنی‌داری بر فاکتور L^* پوسته در سطح ($p<0/001$) از خود نشان داد. همچنین اثر خطی زمان سرخ‌کردن بر فاکتور L^* پوسته در سطح ($p<0/01$)، منفی و معنی‌دار بود. به عبارت دیگر همان طوری که در شکل 1 (ج)، ملاحظه می‌شود، افزایش فیبر باگاس نیشکر سبب تیره‌تر شدن پوسته و مغز شد که با پژوهش Sangnark و همکاران (2004) هم‌خوانی داشت. هم‌چنین با افزایش زمان سرخ‌کردن، رنگ پوسته تیره‌تر شد. رنگ پوسته تحت تأثیر واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون قرار دارد. طبق پژوهش‌های انجام شده، کاهش روشنایی

پوسته را می‌توان ناشی از حضور آب، لیگنین و مواد معدنی غیرمحلول (آهن، روی و پتاسیم) موجود در فیبر دانست (Yuksel *et al*., 2017 ؛ Nouri *et al*., 2017).

ویژگی‌های حسی

جدول 2 نشان می‌دهد که افزودن فیبر باگاس تأثیر خطی مثبت معنی‌داری بر پذیرش کلی داشت، در حالیکه اثر درجه دوم آن روند کاهشی دارد. شکل 1 (د) حاکی از آن است که افزایش فیبر در محصول تا درصدی مشخص (حدود 12/5 درصد) برای ارزیاب‌ها خوشایند بوده است و پس از آن با غالب شدن عطر و طعم باگاس مطلوبیت کاهش یافته است. افزایش دمای سرخ‌کردن تأثیر منفی معنی‌داری بر طعم و مزه نمونه‌ها نشان داد. تأثیر منفی منابع فیبر خوراکی بر شاخص‌های حسی فرآورده‌های غلات در پژوهش‌های پیشین نیز به‌خوبی گزارش شده است (Ktenioudaki *et al*, 2012)

الف ب ج د



شکل 2- نمودار سطح پاسخ اثر فیبر باگاس و مدت سرخ‌کردن بر الف: پیوستگی ب: سفتی ج: صمغیت د: حجم مخصوص دونات

بافت‌سنجی

همانطوری که در جدول 2 ملاحظه می‌شود، افزایش فیبر باگاس نیشکر تا بالاترین سطح (25 درصد) سبب افزایش معنی‌دار سفتی، پیوستگی و صمغیت شد (شکل 2). به‌نظر می‌رسد افزودن فیبر باگاس نیشکر به فرمولاسیون دونات سبب ضخیم‌تر شدن دیواره سلول‌های گاز و کاهش هوای محبوس در خمیر و متعاقب آن کاهش حجم و افزایش سفتی مغز فرآورده می‌شود که با نتایج Rosell و همکاران (2001) مطابقت داشت. همچنین با افزایش دمای سرخ‌کردن از 2 تا 5 دقیقه، شاهد افزایش سفتی در محصول نهایی بوده‌ایم که با نتایج Yuksel و همکاران (2017) مطابقت داشت. پلی‌ساکارید محلول سویا مشابه افزودن هیدروکلوئیدهایی مانند کاپاکاراگینان، هیدروکسی متیل سلولز و زانتان سبب افزایش حجم مخصوص و نگهداری آب و کاهش

سفتی نان می‌شود که این ویژگی به دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آنها می‌باشد.

حجم مخصوص

بررسی یافته‌های جدول 2 و شکل 2 (د)، نشان می‌دهد که مدل درجه دوم برازش شده برای پاسخ حجم مخصوص در سطح (p<0/001) معنی‌دار و شاخص عدم برازش برای این مدل غیرمعنی‌دار شد (p<0/05). همچنین فیبر باگاس تأثیر خطی منفی معنی‌دار در سطح (p<0/001) بر این ویژگی داشته است. عوامل زیادی از جمله گرانروی، محتوی آمیلوز و آمیلوپکتین، تجمع پروتئین‌ها هنگام گرمادهی و وجود ترکیبات فعال سطحی می‌تواند بر ویژگی‌هایی که مسئول حفظ گاز و توسعه خمیر و متعاقب آن حجم فرآورده‌اند تأثیر بگذارند (Alvarez-Jubete *et al*., 2010). در پژوهش Sangnark و همکاران (2004) جایگزینی فیبر باگاس نیشکر با آرد گندم، سبب کاهش حجم مخصوص نان تولیدی می‌شود که با پژوهش حاضر مطابقت داشت. با افزایش زمان سرخ کردن، حجم نمونه‌ها کمتر شده و پوسته ضخیم‌تری ایجاد می‌گردد و علت آن را می‌توان به بیش از حد خشک شدن نمونه‌ها در زمان بالای سرخ کردن نسبت داد که با نتایج نقی‌پور و همکاران (1391) مطابقت داشت. کاهش حجم مخصوص در طی پخت در اثر دو پدیده اساسی یعنی باز شدن ساختار ماده و در نتیجه تسهیل خروج هوا و دیگری سفت شدن ساختار به دلیل ژلاتینه شدن نشاسته است (نوری و همکاران، 1394). انتظار می‌رود هیدروکلوئیدها در مقادیر کم، باعث افزایش نگهداری آب و حجم خمیر و کاهش سفتی و رتروگراداسیون نشاسته شوند (Collar *et al*., 1999).

بهینه‌سازی

با ارزیابی نتایج به‌دست آمده، بهترین فرمول با بالاترین مطلوبیت (D= 1) به‌منظور تولید یک فرآورده باکیفیت تعیین شد. به‌طوری که تیمار دارای 9/09 درصد باگاس نیشکر، 0/78 درصد پلی‌ساکارید محلول سویا که طی 2 دقیقه و 36 ثانیه سرخ شود، بهترین کیفیت را داشت. پس از تولید نمونه بهینه، محتوی رطوبت، میزان پروکسید، حجم مخصوص، ویژگی‌های بافت در دوره ماندگاری (روزهای اول، سوم و پنجم) و میزان پروتئین و فیبر آن نیز با نمونه کنترل با استفاده از آزمون فیشر در سطح احتمال 5 درصد مقایسه شد. به‌منظور اعتبارسنجی مدل در برآورد فرمول بهینه، نمونه‌های تجربی تهیه و مقادیر شاخص‌های برآورد شده پاسخ‌ها با مقادیر تجربی مقایسه شد. بررسی جدول 3، نشان می‌دهد که بین مقادیر تجربی و مقادیر برآورده شده توسط نرم‌افزار، در اغلب پاسخ‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت که نشان‌دهنده کفایت مدل است.

بررسی میزان عناصر معدنی دونات بهینه نشان داد که عناصر آهن و روی بیشتری نسبت به نمونه کنترل داشت (جدول 4). براساس نتایج زاندرسونز و همکاران (1999) میزان روی در خاکستر دو نمونه از باگاس نیشکر 64/8 و 127 میلی‌گرم به ازای یک کیلوگرم خاکستر باگاس بوده است. هم‌چنین میزان آهن در خاکستر کاه و باگاس نیشکر به‌ترتیب 2/11 و 10/74 میلی‌گرم به ازای یک کیلوگرم خاکستر می‌باشد (Szczerbowski et al., 2014).

جدول 3- مقایسه بین مقادیر برآوردشده و تجربی پاسخ‌های نمونه بهینه

صفت	مقدار برآورد	مقدار تجربی
سفتی (کیلوگرم)	0/443	0/578
چسبندگی	0/653	0/701
صمغی بودن	0/290	0/405
رطوبت (گرم/100 گرم)	36/84	37/50
حجم مخصوص (میلی‌لیتر/ گرم)	2/23	1/76
محتوی چربی (گرم/ 100 گرم)	18/37	18/63
تخلخل	8/47	8/40
شاخص L پوسته	47/23	46/44
شاخص L مغز	66/19	64/76
پذیرش کلی	4/055	4/032

همانطور که در جدول 4 نشان داده شده است، محتوی فیبر نمونه بهینه تقریباً 6 برابر نمونه کنترل بوده است که اختلاف در سطح 5% معنی‌دار شده است. افزودن مواد پر فیبر به‌طور معنی‌داری محتوی فیبر فرآورده را افزایش می‌دهند (Gulart *et al*., 2012) که در مورد پژوهش حاضر نیز صدق می‌کند. بر اساس نتایج این جدول، اختلاف

معنی‌داری در سطح 5% در میزان پروتئین نمونه کنترل و بهینه مشاهده نشد.

همان طوری که در جدول 4، مشاهده می‌شود از نظر ارزیاب‌ها دونات بهینه دارای پذیرش کلی مطلوب‌تری نسبت به نمونه کنترل است. از سوی دیگر، مطابق جدول 4، دونات بهینه محتوی چربی نسبتاً بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشت که دلیل آن را می‌توان به افزایش خصوصیات سطحی در اثر تیمار قلیایی و حرارت در فیبر باگاس نیشکر نسبت داد که سبب افزایش جذب چربی دونات شده است (Caprez *et al.*, 1986).

جدول 4- مقایسه ویژگی‌های دونات کنترل و بهینه

نمونه	کنترل	بهینه
آهن (mg/l)	0/43±0/03B	0/74±0/04A
روی (mg/l)	0/20±0/15 B	0/31±0/10 A
فیبر (%)	0/70±0/42B	4/29±0/37A
پروتئین (%)	13/83±0/08A	14/16±0/07A
چربی (%)	17/45±0/02A	18/64± 0/01 A
پذیرش کلی	3/91±0/02 A	4/30±0/15 A

حروف غیرمشترک در ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح 5% می‌باشد.

ارزیابی اثر ماندگاری

بررسی نتایج در جدول 5 نشان می‌دهد که با افزایش ماندگاری، رطوبت فرآورده کاهش می‌یابد. رطوبت نمونه کنترل در طی روزهای اول، سوم و پنجم اختلاف معنی‌داری در سطح 5% نشان می‌دهد، در حالیکه رطوبت نمونه بهینه در روزهای سوم و پنجم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. محتوی رطوبت مغز و پوسته در طی روزهای نگهداری دونات تغییر می‌کند. همانطور که دونات شروع به خنک شدن می‌کند، اختلاف فشار بین پوسته و ناحیه داخلی منجر به مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته می‌شود. در نتیجه به مرور زمان رطوبت مغز کاهش و رطوبت پوسته افزایش می‌یابد. حضور فیبرها با توجه به ظرفیت بالای اتصال با آب باعث نرم‌تر شدن ساختار مغز نمونه بهینه نسبت به نمونه کنترلی می‌شود (Gulart *et al.*, 2012). از آنجایی که پلی‌ساکارید محلول سویا ساختاری شبیه به پکتین دارد (Nakamura *et al.*, 2003)، زمینه اتصال بین آب و گروه‌های هیدروکسیل از طریق پیوندهای هیدروژنی و عدم خروج آن طی نگهداری را فراهم کرده است.

جدول 5- مقایسه میانگین ویژگی‌های تیمارها طی روزهای نگهداری

روز نگهداری		1	3	5
رطوبت	کنترل	33/16±0/93Ab	30/30±0/52Ba	20/08±1/33Ca
	بهینه	36/58±0/31Aa	32/75±2/12Ba	30/26±0/89Ba
حجم مخصوص	کنترل	1/77±0/03Aa	1/73±0/05Aa	1/69±0/08Aa
	بهینه	1/76±0/12Aa	1/57±0/04Bb	1/66±0/05ABa
پراکسید	کنترل	0/150±0/031Ba	0/69±0/05Aa	0/74±0/09Aa
	بهینه	0/16±0/01Ba	0/68±0/08Aa	0/70±0/22Aa

حروف غیرمشترک کوچک و بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در هر ردیف و ستون در سطح 5% می‌باشد.

از سوی دیگر، حجم مخصوص نمونه کنترل در طی روزهای ماندگاری اختلاف معنی‌داری در سطح 5% نداشته است. در حالیکه حجم مخصوص نمونه بهینه در روزهای ماندگاری کاهش یافته است که در سطح 5% معنی‌دار بوده است. همچنین تغییرات حجم نمونه کنترل و بهینه به جز روز سوم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند (جدول 5). طبق نتایج Sangnark و همکاران (2004) با افزایش سطوح فیبر باگاس نیشکر تا 15درصد حجم مخصوص نان نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت که در پژوهش حاضر معنی‌دار نبود. می‌توان نتیجه گرفت باجایگزینی فیبر باگاس با آرد گندم، شبکه گلوتن تضعیف می‌شود و خروج هوا از طریق سطح افزایش می‌یابد در نتیجه با گذشت زمان، حجم مخصوص نمونه بهینه کمتر می‌شود که با نتایج نوری و همکاران (1394) مطابقت دارد.

همچنین جدول 5، نشان می‌دهد که میزان پروکسید نمونه کنترل و بهینه در روزهای ماندگاری افزایش یافت و اختلاف آنها در سطح 5% معنی‌دار نشد. پایین بودن نسبی مقدار پروکسید نمونه بهینه را می‌توان به خاصیت آنتی‌رادیکالی و آنتی‌اکسیدانی لیگنین موجود در فیبر باگاس نسبت داد (ابراهیم‌زاده و همکاران، 1396).

بررسی ویژگی‌های بافت در جدول 5، حاکی از آن است که مغز دونات کنترل و بهینه در طی دوره نگهداری سفت‌تر شد، در حالیکه نمونه بهینه نسبت به نمونه کنترل بافت نرم‌تری داشت. همچنین با افزایش زمان ماندگاری، چسبندگی هر دو نمونه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و دونات بهینه نسبت به نمونه کنترل چسبندگی کمتری داشت که در طی ماندگاری این کاهش کاملاً مشهود است. این در حالی است که پارامتر صمغی بودن در طی روزهای ماندگاری از روند خاصی تبعیت نکرد ولی نمونه بهینه، حالت صمغی کمتری نسبت به نمونه کنترل داشت. افزودن فیبرهای رژیمی، عمر ماندگاری محصول را با به تأخیر انداختن افت رطوبت مغز و افزایش سفتی مغز، طولانی‌تر می‌کنند (Lebesi and Tzia., 2011). پروتئین موجود در پلی‌ساکارید محلول سویا سبب استحکام شبکه گلوتنی می‌گردد، از طرفی توانایی واکنش با مولکول نشاسته را دارد و در نتیجه سبب به تعویق انداختن فرآیند رتروگراداسیون می‌شود (Sudha *et al*., 2007).

جدول 5- مقایسه میانگین ویژگی‌های بافتی تیمارها طی روزهای نگهداری

	روز نگهداری	1	3	5
سفتی	کنترل	$0/871\pm0/024^{Ba}$	$1/468\pm0/270^{Aa}$	$1/552\pm0/151^{Aa}$
	بهینه	$0/593\pm0/027^{Bb}$	$1/076\pm0/120^{Aa}$	$1/121\pm0/081^{Ab}$
چسبندگی	کنترل	$0/733\pm0/008^{Aa}$	$0/478\pm0/025^{Bb}$	$0/417\pm0/006^{Cb}$
	بهینه	$0/701\pm0/014^{Ab}$	$0/534\pm0/001^{Ba}$	$0/465\pm0/008^{Ca}$
صمغیت	کنترل	$0/630\pm0/007^{Aa}$	$0/697\pm0/101^{Aa}$	$0/646\pm0/053^{Aa}$
	بهینه	$0/416\pm0/012^{Bb}$	$0/574\pm0/066^{Aa}$	$0/520\pm0/030^{Ab}$

حروف غیرمشترک کوچک و بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در هر ردیف و ستون در سطح 5% می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج این پژوهش در خصوص اثر افزودن فیبر باگاس نیشکر و پلی‌ساکارید محلول سویا به فرمول دونات و همچنین مدت زمان سرخ‌کردن این فرآورده با طرح چرخش‌پذیر مرکب مرکزی نتایج نشان داد که افزایش فیبر باگاس نیشکر سبب افزایش رطوبت، سفتی، چسبندگی و صمغیت، چربی، وکاهش حجم مخصوص، میزان مؤلفه L پوسته و مغز می‌شود. از سوی دیگر افزایش دمای سرخ‌کردن سبب افزایش سفتی، صمغیت، محتوی چربی و کاهش میزان روشنایی پوسته می‌شود. در حالیکه پلی‌ساکارید محلول سویا تأثیر معنی‌داری بر این فاکتورها نداشت. بیشتر مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش از R^2 و R^2 (Adj) متناسب و معنی‌داری برخوردار بودند. همچنین آزمون ضعف برازش برای پاسخ‌ها بی‌معنی و ضریب تغییرات آن‌ها نیز مناسب بود. در نهایت نقطه بهینه برای فرمولاسیون زمانی حاصل شد که 9/09 درصد فیبر باگاس نیشکر و 0/78 درصد پلی‌ساکارید محلول سویا به فرمول اضافه و طی2/60 دقیقه سرخ می‌شد. در ضمن نمونه بهینه نسبت به نمونه کنترل محتوی رطوبت، فیبر و عناصر معدنی آهن و روی و پذیرش کلی بیشتر و بافت نرم‌تری بود.

منابع

ابراهیم‌زاده، ع.، اسماعیل‌زاده کناری، ر. و عبدالخانی، ع. 1396، بررسی خصوصیات آنتی رادیکالی لیگنین استخراج شده از گونه‌های گیاهی توسط دو روش MWL و DL. مجله علوم و صنایع غذایی، 68(14)، 44-37

ذوقی، آ.، خسروی دارانی، ک. و سهراب وندی، س.، 1392، تولید اسید سیتریک از کاه گندم و باگاس خام نیشکر با استفاده از قارچ آسپرژیلوس نایجر به روش تخمیر در بستر جامد. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 8 (3)،163-155.

رجب زاده، ن.1371، ارزشیابی نان‌های سنتی ایران، پژوهشکده غله و نان ایران، نشریه شماره 451، 24-18.

علیپور، م.، کاشانی نژاد، م.، مقصودلو، ی. و جعفری، م.، 1388، بررسی اثر کاراگینان، دمای روغن و زمان سرخ کردن بر میزان جذب روغن در محصولات سرخ شده سیب زمینی. پژوهشهای صنایع غذایی ایران، 5(1)، 21-27.

نوری، م.، ناصحی، ب.، سماواتی، و. و آبدانان مهدی زاده، س.، 1394، تأثیر پیش‌فرآیند مایکروویو بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دونات حاوی منابع فیبر خوراکی صمغ فارسی و پودر تفاله هویج. پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، 13(2)، 239-227.

یوسفی، ع.، ناصحی، ب.، برزگر، ح. 1397. بهینه‌یابی ویژگی‌های دونات غنی‌شده با پودر پالپ پرتقال. مجله پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، 7 (3): 297-307.

AACC International. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. Vol 1. 10th ed. St. Paul, MN: Method

Ajila, C. M., Leelavathi, K. And Rao, U. P. 2008. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of cereal science*. 48(2): 319-326.

Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K. and Gallagher, E. 2010. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*. *230*(3): 437-445.

Bocchini, D. A., Oliveira, O. M. M. F., Gomes, E. and Da Silva, R., 2005, Use of sugarcane bagasse and grass hydrolysates as carbon sources for xylanase production by Bacillus circulans D1 in submerged fermentation. *Process Biochemistry*, 40(12), 3653-3659.

Caprez, c., Arrigoni, E., Amadò, R., Neukom, H. 1986**.** Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 4 (3): 233-239.

Chen, P., Tao, S. and Zheng, P., 2016, Efficient and repeated production of succinic acid by turning sugarcane bagasse into sugar and support. *Bioresource technology*, *211*, 406-413.

Collar, C., Andreu, P., Martınez, J. C. and Armero, E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food hydrocolloids*. *13*(6): 467-475.

de Carvalho, D. M., Sevastyanova, O., Penna, L. S., da Silva, B. P., Lindström, M. E., & Colodette, J. L., 2015, Assessment of chemical transformations in eucalyptus, sugarcane bagasse and straw during hydrothermal, dilute acid, and alkaline pretreatments. *Industrial Crops and Products*, 73, 118-126.

Gao, Y., Xu, J., Zhang, Y., Yu, Q., Yuan, Z., & Liu, Y., 2013, Effects of different pretreatment methods on chemical composition of sugarcane bagasse and enzymatic hydrolysis. *Bioresource technology*, 144, 396-400.

Hojjati, M., Razavi, S. H., Rezaei, K. & Gilani, K. 2011. Spray drying microencapsulation of natural canthaxantin using soluble soybean polysaccharide as a carrier. *Food Science and Biotechnology*, 20(1): 63-69.

Kim, J., Choi, I., Shin, W. K., & Kim, Y., 2015, Effects of HPMC (Hydroxypropyl methylcellulose) on oil uptake and texture of gluten-free soy donut. *LWT-Food Science and Technology*, *62*(1), 620-627.

Ktenioudaki, A. and Gallagher, E., 2012, Recent advances in the development of high-fibre baked. *Trends in Food Science & Technology*, 28, 4-14.

Laopaiboon, P., Thani, A., Leelavatcharamas, V. and Laopaiboon, L., 2010, Acid hydrolysis of sugarcane bagasse for lactic acid production. *Bioresource Technology*, 101(3), 1036-1043.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. & Biliaderis, C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047.

Lebesi, D. M. and Tzia, C. 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*. 4 (5): 710-722.

Macagnan, F. T., dos Santos, L. R., Roberto, B. S., de Moura, F. A., Bizzani, M., & da Silva, L. P., 2015, Biological properties of apple pomace, orange bagasse and passion fruit peel as alternative sources of dietary fibre. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 6(1), 1-6.

Mathew, S. and Abraham, T. E., 2005, Studies on the production of feruloyl esterase from cereal brains and sugar cane bagasse by microbial fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*, 36(4), 565-570.

Meng, X., Ragauskas, A.J., 2014, Recent advances in understanding the role of cellulose accessibility in enzimatic hydrolysis of lignocellulosic substrates. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 150–158.

Nakamura, A., Takahashi, T., Yoshida, R., Maeda, H., & Corredig, M., 2004, Emulsifying properties of soybean soluble polysaccharide. *Food Hydrocolloids*, 18(5), 795-803.

Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., & Mehdizadeh, S. A., 2017, Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, *9*, 39-45.

Rodriguez-Vazquez, R., Villanueva-Ventura, G. and Rios-Leal, E., 1992, Sugarcane bagasse pith dry pretreatment for single cell protein production. *Bioresource technology*, 39(1), 17-22.

Rosell, C. M., Rojas, J. A. and De Barber, C. B., 2001, Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food hydrocolloids*, 15(1), 75-81.

Rubel, I. A., Pérez, E. E., Manrique, G. D. and Genovese, D. B. 2015. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, *3*: 21-29.

Sales, A. and Lima, S. A., 2010, Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement, *Waste Management*, 30, 1114–1122.

Sangnark, A., & Noomhorm, A., 2004, Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties, *LWT-Food Science and Technology*. *37*(7), 697-704.
Shantha, N. C. and Decker, E. A. 1994. Rapid, Sensitive, Iron-Based Spectrophotometric Methods for Determination of Perorlride Values of Food Lipids. *Journal of AOAC International*. 77 (2): 421-424.
Sudha, M.L., Srivastava, A.K., Vetrimani, R. & Leelavathi, K. 2007, Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 922-930.
Sun, J. X., Sun, X. F., Zhao, H., & Sun, R. C., 2004, Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. *Polymer Degradation and Stability*, *84*(2), 331-339.
Szczerbowski, D., Pitarelo, A. P., Zandoná Filho, A., & Ramos, L. P., 2014, Sugarcane biomass for biorefineries: comparative composition of carbohydrate and non-carbohydrate components of bagasse and straw. *Carbohydrate polymers*, 114, 95-101.
Tian, H., Zhang, Y. X., 2016, the influence of bagasse fibre and fly ash on the long-term properties of green cementitious composites. *Construction and Building Materials*, 111, 237–250.
Yuksel, F., Karaman, S., Gurbuz, M., Hayta, M., Yalcin, H., Dogan, M., & Kayacier, A., 2017, Production of deep-fried corn chips using stale bread powder: Effect of frying time, temperature and concentration. *LWT-Food Science and Technology*, 83, 235-242.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 5, Dec- Jan 2020, p. 635-647

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 5، آذر- دی 1398، ص. 647-635

Optimization of the Formula and Process of Donut Enriched with Bagasse

M. Darapoor[1], B. Nasehi[2, 3*], H. Barzegar[3], H. Joyandeh[3]

Received: 2018.07.12
Accepted: 2019.04.06

Introduction: By-products have traditionally been used as animal feed and are considered agricultural waste. However, they are rich in fiber and bioactive compounds, and efforts have been made to utilize them as functional ingredients and for the enrichment of food products. On the other hand, the intake of a sufficient amount of dietary fiber can regulate the flow of intestines, prevent and treat diabetes, cardiovascular and intestinal cancers. In this regard, in recent decades, there has been a tendency to seek new sources of dietary fiber and natural antioxidants, such as agricultural byproduct that were considered. In this regard, sugar cane bagasse, which has chemical compounds such as cellulose, hemicellulose, lignin, as well as phenolic compounds, waxes and minerals. Currently, bagasse used to production Cement (Tian et al., 2016), sand and grains (Sales et al., 2010), Chipboard (Garzon-Barrero et al., 2016), enzymes (Bocchini et al., 2005), single proteins (Rodriguez et al., 1992), vanillin (Mathew & Abraham, 2005), succinic acids (Chen et al., 2016), citric acid (Zhoghi et al., 2013), lactic acid (Laopaiboon et al., 2010). Donut is the only wheat industrial product that has a lot of attractive sensory features in spite of its high fat content. Therefore, one of the goals of the researchers in recent years has been finding solutions to improve its quality by reducing the absorption of oil or increasing the health components such as fiber. Therefore, this study was conducted to investigate the possibility of production of functional donuts that enriched with bagasse.

Materials and methods: In this study, in order to optimize the formulation of donuts with two varieties of sugarcane bagasse fiber (0-25%), soybean soluble polysaccharide (0-2%) and frying time (2-5 minutes) on the physicochemical characteristics of donuts and sensory properties by using mini-tab software (version 16) and central composite rotatable design (CCRD) was investigated. The mean comparison was performed using Fisher test at 95% probability level. Bagasse were treated according to the method of Gao et al. (2013). Donuts were prepared according to the formulation by Nouri et al., 2017. Ingredients used in control donut formulation were consisted of 100 g of wheat flour (9 g/100g proteins, (Arde jonob Co., Khuzestan, Iran), 38 g of water, 9g of Shortening (Behshahr Industrial Co., Tehran, Iran), 13g of Egg, 13g of water for yeast, 6.3g of sugar, 6.3g of nonfat dried milk powder (Pegah Co., khozestan, Iran), 3g of active dried yeast (Nabmayeh, Khozestan, Iran), 1.6g of Vanilla extract (AbyazChimieEssence and Colour Co., Tehran, Iran), 1.6g of baking powder (Soheil Powder, Tehran, Iran), and 1.6g of Salt. The volume of the donuts was determined using the rapeseed displacement AACC method 10-05 (AACC, 2000). Moisture content of donuts crumb was measured using a Heraeus oven (model UT 5042, Germany) at 105 ºC for 3.5 h (Kim et al., 2015). The fat content of dried donuts was determined by Soxhlet extraction with petroleum ether for 5 h (Melito & Farkas, 2012). Firmness and springiness were measured in triplicate using a TA.XT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Goldalming, UK). The donuts were evaluated for over all acceptance of based on a five-point hedonic scale. The scale of values ranged from “dislike extremely” (score 1) to “like extremely” (score 5). And lightness was evaluated with Konica Minolta colorimeter.

Results and discussion: The results showed that most of the proposed models in this study were proportional and meaningful from R^2 and R^2 (Adj). Also, the lack of fit these model were meaningless and their coefficient of variation was also appropriate. So, bagasse fiber increased moisture, hardness, cohesiveness and gumminess, fat, crust and crumb a, fiber and decreased specific volume, crust L. Increasing frying time increases hardness, cohesiveness, gumminess, and decreases crust L and moisture. Soybean soluble polysaccharide had no significant effect on these cases. According to the panelists, donuts containing bagasse fiber were harder and less chewable and had a darker color than the control sample. Response surface methodology described that donuts with optimum formulation of 9.09% bagasse fiber and 0.78% soybean soluble polysaccharide and the frying time of 2 minutes and 36 seconds would be the most desirable sample that has acceptable consumer characteristics. Investigating the optimal sample composition showed that iron and

1. M.s graduated of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
2. Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
*(Corresponding author Nasehi.b@pnum.ac.ir)

zinc mineral elements, fiber, fat, and total acceptance were higher than the control sample. However, no significant difference was observed in the control and optimum sample protein content. Also, with increasing durability, the moisture content of the product decreases. On the other hand, the specific volume of the control sample during the days of storage did not have a significant difference at 5% level. While the optimum sample volume in the days of shelf life has decreased. There was no significant difference between the control and optimum sample peroxidase in the first and third days, while on the fifth day, both were significantly decreased. The examination of texture characteristics suggests that the donut crumb of controlled and optimized was harder during the storage period, while the optimum sample was softer than the control sample.

Key words: Sugarcane, donut, Dietary fiber, Functional